

公開されている地質情報を利用した地盤震動特性の推定例

中田 文雄*・安藤 潤*

Presumption of Seismic Characteristic of Ground by Public Geological Information

Fumio Nakada, Jun Ando

川崎地質株式会社 Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd., 2-11-15 Mita, Minato-ku, Tokyo,
 108-8337, Japan. E-mail: nakadaf@kge.co.jp, andohj@kge.co.jp

キーワード： 情報公開，地質情報，地盤震動特性，伝達関数，表面波，H/V スペクトル比
 Key words： Information disclosure, Transfer function, Surface wave, H/V Spectral Ratio

1. はじめに

地質地盤情報(以下地質情報)に関する最近の傾向の中で、最も特徴的なことは「地質情報の整備と一般公開が進みつつある」ということに集約されよう。

地質情報の中で、事実を記載した情報とも言えるボーリングデータとそれを図化した柱状図に関しては、次のような情報公開の流れとなっている。国土交通省では、2008年3月に関東地方整備局管内と九州地整管内のボーリングデータを無償公開したが、1年後の2009年3月には沖縄を除く全国のボーリングデータを公開した。この情報は、(独法)土木研究所が運営するWeb「KuniJiban」から閲覧が可能である。また、地方自治体、特に関東地方の群馬県、千葉県、神奈川県及び横浜市では、それぞれの公共事業のボーリング柱状図を無償公開している。

事実情報を基にして地質技術者や地盤技術者が解析・考察して作成する「著作物である地質図」なども、近年インターネットで無償公開される、という流れとなっており、その主なものを第1表にまとめた。

なお、災害リスク情報や土砂災害ハザードマップなども一般公開される傾向にあるが、紙面の都合上割愛した。

第1表に記載した20万分の1日本シームレス地質図は、従来、地質図幅によって異なっている凡例を全国的に統一した地質図であるが、2009年1月には「シームレス地質図データベース(WebGIS版)」として再整備され、ベクターデータを直接閲覧することが可能となった。

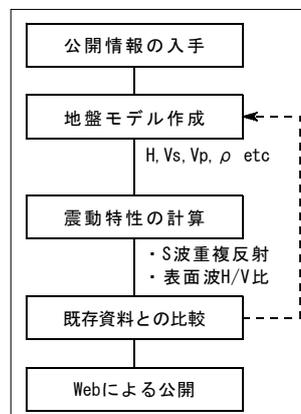
国土交通省から公開されている土地分類基本調査は、土地の平面的な現況を表現するのに対して、土地分類調査(垂直調査)¹⁾は、地下(垂直方向)の地質や土地利用等の現況を表現したものであって、その目的や特徴は以下のようにまとめられる。

- ・地下の適正な利用や、地震に伴う液状化や地震災害へ

- の対策などを図る上での基礎資料として作成された。
 - ・作成範囲は首都圏、近畿圏、中部圏の三大都市圏及び広島、福岡地域である。
 - ・ボーリング、井戸などの既存の資料に基づいて、東西南北2kmごとの地質断面図が作成されている。
 - ・成果は、インターネットで無償公開されている。
- 本文は、この土地分類調査(垂直調査)[広島地域]の公開情報から、地震時の表層地盤震動特性を推定することが可能であるか、について試みに実施した結果である。

2. 土地分類調査(垂直調査)の利用手順

我々が実施した方法の手順を第1図に示す。



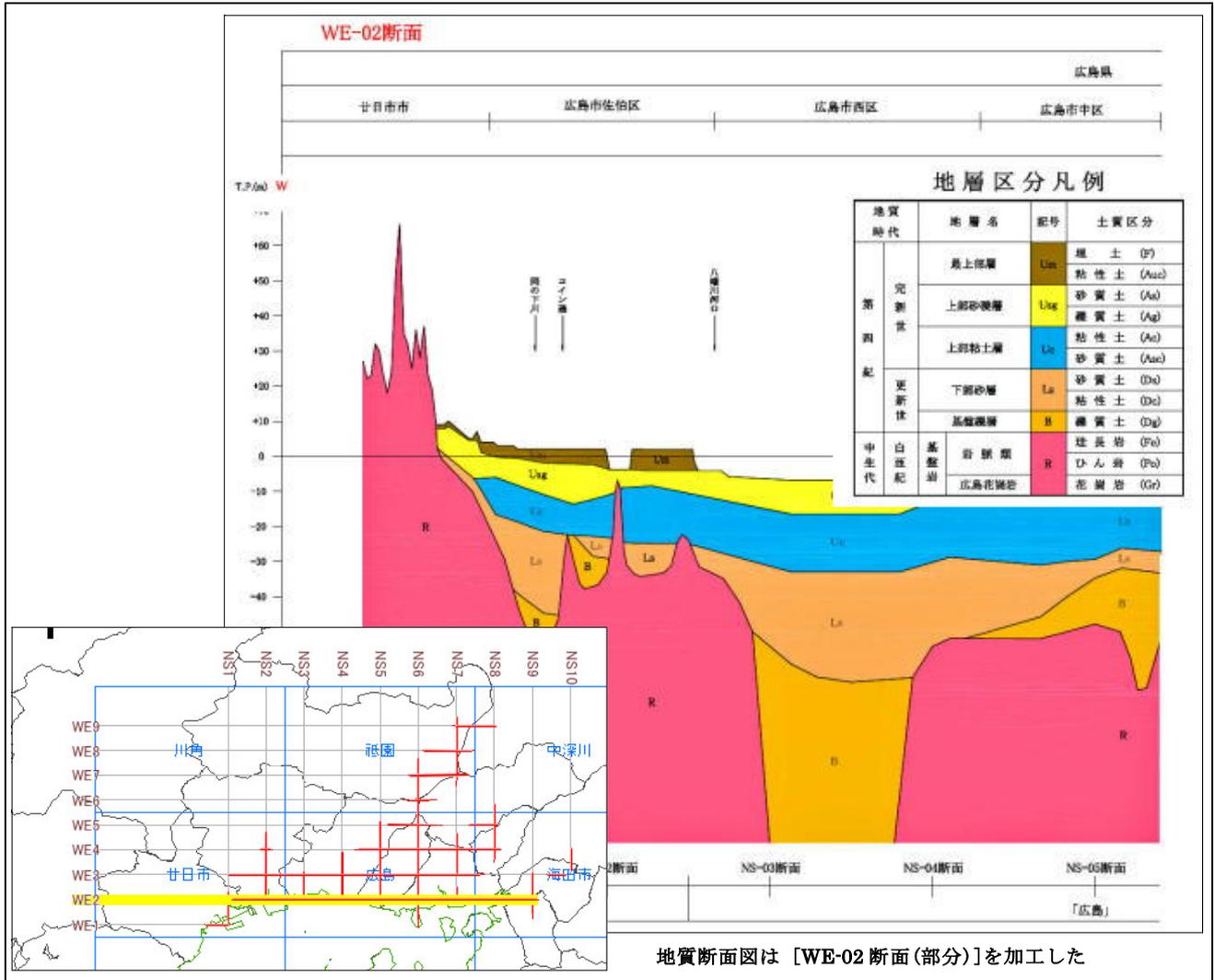
第1図 土地分類調査(垂直調査)の利用手順

2.1 公開情報

公開地質情報は、前述のように「土地分類調査(垂直調査)[広島地域]」とした。

第1表 著作物に該当する地質情報の主な公開事例

情報名称など	提供者	提供方法	範囲	形態
20万分の1日本シームレス地質図	(独法)産業技術総合研究所・地質調査総合センター	Web-GIS, Web	全国	無償
5万分の1地質図等		印刷媒体 CD-R	全国	無償
地域限定地質図類	地質・地盤系学会, 地質調査業界等	印刷媒体	該当地域等	無償
土地分類基本調査(1/5万～1/50万)	国土交通省 土地・水資源局	印刷, Web-GIS	都道府県等	無償
土地分類調査(垂直調査) ¹⁾	国土調査課	Web	該当地域	無償
表層地質図・地形分類図等	地方自治体(浜松市, 大府市など)	Web	該当地域	無償
全国地盤環境情報ディレクトリ (地盤沈下, 地下水の利用状況)	環境省	Web	都道府県別	無償



第2図 土地分類調査(垂直調査)[広島地域]の断面位置と地質断面図の例

広島地域で作成されている地質断面図の位置と、地質断面図の事例(部分)を第2図に示す。

なお、土地分類調査(垂直調査)の成果は、巻末の引用文献に記載した URL から容易に入手することができる。

2.2 地盤モデルの推定(物性値の推定)

第2図に示した地質断面図の諸情報から表層地盤の震動特性を計算するには、各地層の厚さ $H(m)$ 、S波速度値 $V_s(m/s)$ 、P波速度値 $V_p(m/s)$ 及び密度 $\rho(kgf/cm^3)$ または kN/m^3 を推定する必要がある。しかるに、土地分類調査(垂直調査)で公開されている地質断面図には、地層区分(土質区分)が記載されているのみで地盤物性値が記載されていないため、何らかの換算式などを用いて地盤モデルを推定する必要がある。

我々は、「中央防災会議 東海地震に関する専門調査会 第10回会議資料 2-2²⁾」を利用することにした。第2表は同資料の一部であるが、同資料に示されている代表値や換算式を使用して、土地分類調査(垂直調査)[広島地域]の地層ごとの物性値を求めた。結果を第3表に示す。

2.3 地盤震動特性

震動特性の計算は、S波の重複反射理論による伝達関数と、表面波(ラーリー波)の H/V スペクトル比の2種類と

した。

第2表 地層名～物性値の換算例[引用資料2](部分)

地質名	記号	N値	湿潤密度 (kgf/cm^3)	S波速度値 $V_s(Km/s)$	P波速度値 $V_p(km/s)$
砂質土	Ds1	0~4	1.7	$112.73 \cdot N^{0.256} \cdot 1.223 \cdot 0.885$	$5.099 \cdot V_s$
	Ds2	4~10	1.8		
	Ds3	10~30	1.9		
	Ds4	30~50	1.9		
	Ds5	50~	1.9		
礫質土	Dg1	~20	1.9	$112.73 \cdot N^{0.256} \cdot 1.223 \cdot 0.900$	$5.099 \cdot V_s$
	Dg2	20~30	2.0		
	Dg3	30~50	2.0		
	Dg4	50~	2.1		

更新世 の例

第3表 土地分類調査(垂直調査)[広島地域]における代表物性値(丸め処理後)

ID	記号	土質区分	平均 N値	$V_s(m/s)$	$V_p(m/s)$	密度 (kgf/cm^3)
1	Um	F, Auc	4	140	730	1.6
2	Usg	As, Ag	7	165	840	1.8
3	Uc	Ac, Asc	10	180	920	1.9
4	Ls	Ds, Dc	15	245	1,245	1.9
5	B	Dg	50	340	1,720	2.1
6	R	Gr etc	50	500	1,800	2.1

(1) S波の重複反射理論による伝達関数

今、基盤面と表層地盤からなる2層の地盤構造を仮定する。基盤面から表層地盤に地震波が入射した場合、この地震波は地表面と基盤面と間で反射を繰り返して、(1)式で表される卓越周波数の共振現象が発生する。これが「S波の重複反射」と呼ばれる現象である。

$$f_0 = V_{S1} / (4 \cdot H) \tag{1}$$

ここで、

V_{S1} : 表層地盤のS波速度 (m/s)

H : 表層地盤の厚さ (m)

f_0 : 卓越周波数 (Hz)

基盤層のS波速度 V_{S2} より表層のS波速度 V_{S1} が遅い場合、すなわち硬い基盤層から軟弱層に地震波が入射した場合には、地震波は増幅されて地表での振幅は大きくなるという性質がある。

本研究では、多層構造に拡張した理論式を採用すると共に、各地層に減衰常数を与えてあるが、重複反射理論式の詳細な記述は本文の趣旨と異なるので割愛する。

(2) 表面波(レイリー波)によるH/Vスペクトル比

地震動のH/Vスペクトル比と常時微動のH/Vスペクトル比は極めて調和的である^(例えば3)ことから、常時微動を観測して波形のH/Vスペクトル比を計算し、卓越周波数(周期)を求める研究や調査業務が多く実施されている。

原理的に見た場合、「常時微動は表面波(レイリー波)が卓越している」という学説と「常時微動は実体波(S波)が卓越している」という学説が存在し、決着は付いていないようである。しかし、両学説共、常時微動H/Vスペクトル比と地震動H/Vスペクトル比は、共に観測地点の地盤の震動特性を反映している、という点では共通している。

もっとも、表層と基盤層のS波速度のコントラストが大きい場合、レイリー波のH/Vスペクトル比の卓越周波数(周期)と、S波の伝達関数の卓越周波数(周期)はほぼ等しくなるという性質があるため、軟弱地盤ではどちらの学説であろうとも、実用上は差し支えないと考えられる。

今回、レイリー波のH/Vスペクトル比を計算したのは、地震波や常時微動波形のH/Vスペクトル比との比較を考慮したためであるが、実際の比較までは実施していない。

表面波(レイリー波)のH/Vスペクトル比とは、レイリー波の基本モードである楕円軌道の上下振幅比のことであるが、その理論式の詳細な記述については割愛した。

2.4 計算結果例[WE-02断面とNS-07断面の交点]

本研究で計算した箇所は、軟弱地盤が存在する地質断面図の交点とする全16箇所である。

ここでは、WE-02断面とNS-07断面の交点を例にとって、計算過程と結果について記述する。

第2図に示したように、本計算箇所の地層はH₁～H₄の4層構造であり、断面図の深度スケールを使用して各地層の厚さを読み取った。

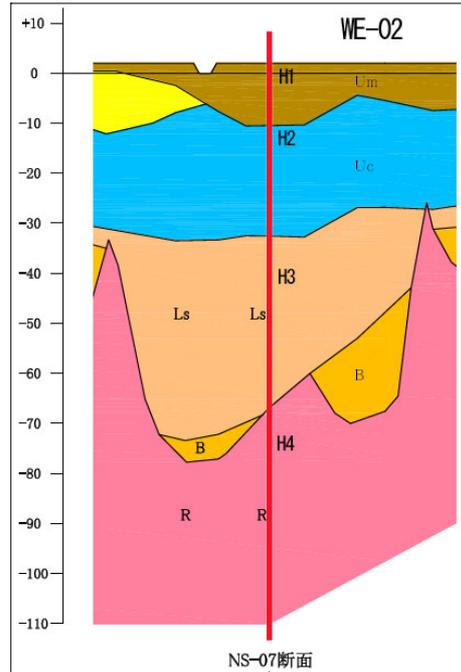
添付されている凡例を使用して、土質記号(Uc etc.)から土質区分(Ac, Asc etc.)を求め、第2表に示した「中央防災会議 資料」からS波速度値他の物性値を求めた。

第4図は、地盤の震動特性を計算した結果である。

WE-02断面とNS-07断面の交点での卓越周波数は、S波(伝達関数)では約0.8Hz、レイリー波では約1.0Hzとなった。

2.5 課題点

- ・ S波の伝達関数とレイリー波 H/V スペクトル比の卓



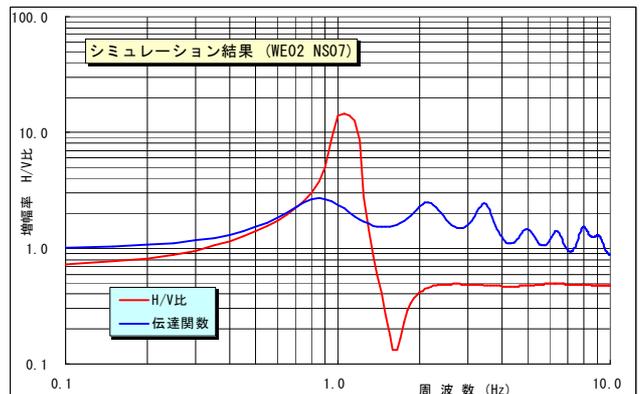
第3図 WE-02断面とNS-07断面の交点

第4表 第3図の交点における地盤モデル

番号	記号	土質	層厚	S波速度	P波速度	密度	減衰定数
H1	Um	F, Auc	13	140	730	1.6	0.03
H2	Uc	Ac, Asc	22	180	920	1.9	0.03
H3	Ls	Ds, Dc	34	245	1,245	1.9	0.03
H4	R	Gr	(50)	500	1,800	2.1	0.01

m m/s m/s kgf/cm³

注：最下層の層厚は不明であるが、計算の都合上50mとした。



第4図 WE-02断面とNS-07断面の交点

越周波数が異なっている。後者の計算にはP波速度値 V_p を使用しているが、この V_p の値が適切でなかった可能性があり、第2表の換算係数などの妥当性について検討すべきかもしれない。

- ・ 本研究で使用した地質断面図の作成過程や原本が公開されていないため、例えばK-NET広島などの強震波形から推定された地質構造との不調和が判明した場合、その後には本地質断面図をそのまま採用しても良いか、疑問が発生する可能性がある。よって、公開者においては、公開情報をより良く改訂する仕組みを構築して頂くと幸いである。

3. Webによる公開

本研究で計算した表層地盤の震動特性を Web で公開するべく、以下のように準備を進めている。

- ・「電子国土」を利用して公開する。
- ・地盤モデルの作成に使用した地質断面図と換算式については、当該 URL へのリンク情報を公開する。
- ・公開予定の URL は、以下の通り。
<http://www.kge.co.jp/web-GIS/2009Hiroshima/index.html>

構築途中の例を第5図に示したが、あくまで詳細な検討を加えていない中間的な成果であるため、Web サイトの本格稼働時には、第5図とは異なった結果を公開することもあり得る。

4. おわりに

我々は、インターネットで公開されている地質断面図を基にして、同じく公開されている「地質-物性値換算式」を使用して地盤モデルを作成し、表層地盤の震動特性を計

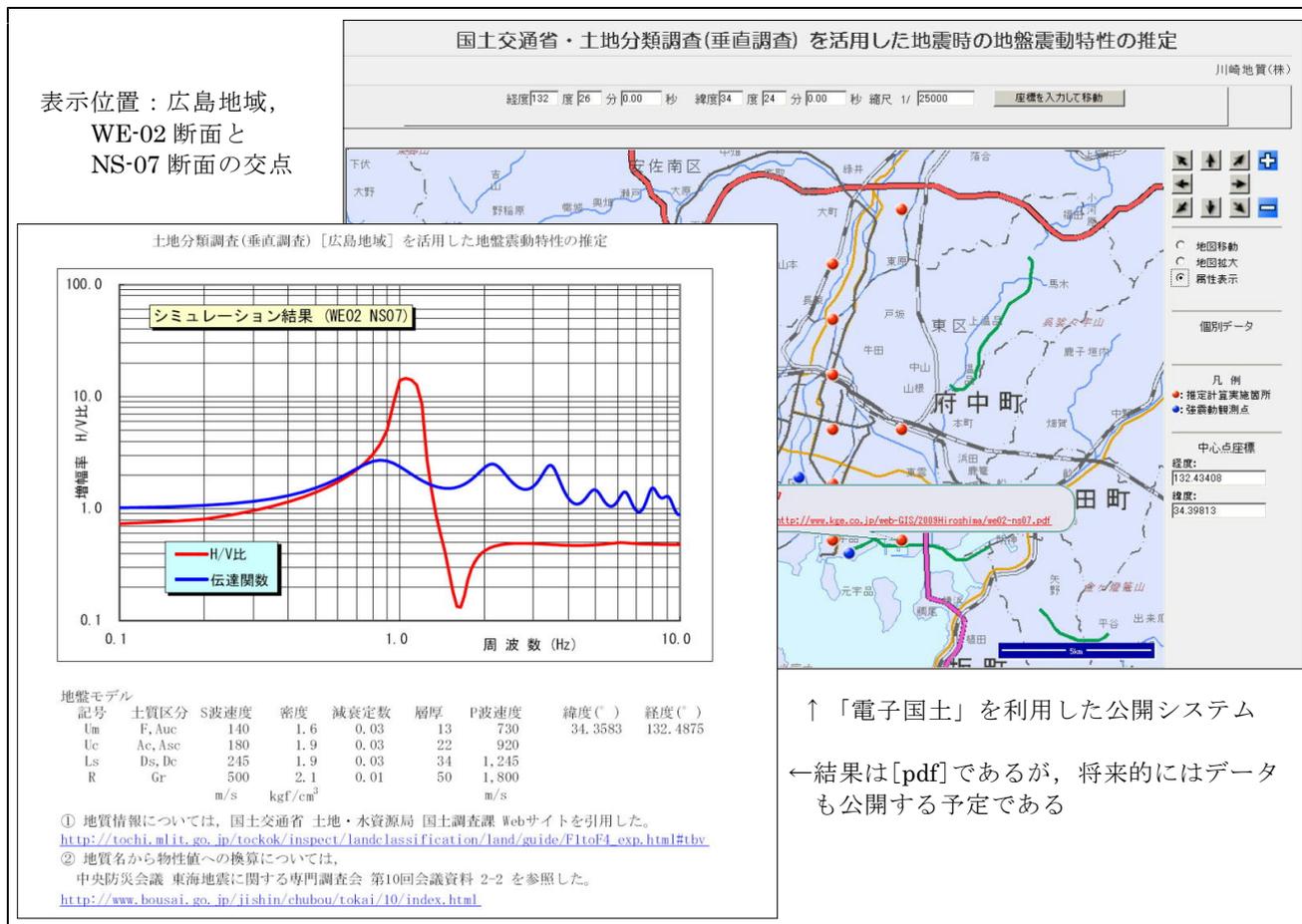
算した。情報の収集段階と物性値を推定する段階のいずれにおいても、殆ど努力する必要は無かったことから、極めて便利な世の中になった、と実感している。

我々は、情報公開の仕組みに参加して、本研究の成果を社会に還元することが極めて有意義であると考え、Web で公開することにした。今後は、対象区域を拡大したいと考えている。

シームレス地質図やボーリングデータ(柱状図)などと一緒オーバーレイ表示されるような仕組みが構築されれば、利用範囲は拡大するものと考えている。

本研究の成果は我々の Web サーバから公開する予定であるが、メタデータも公開するので、「www.web-gis.jp」などの地質情報のポータルサイトで、メタデータ(位置情報とタイトルなど)をデータベース化して Web-GIS システムに掲載して頂ければ幸いである。

最後に当たり、表面波(レーリー波)の H/V スペクトル比の計算には、川崎地質(株)久保田 隆二氏のプログラムを利用した。ここに記して謝意を表したい。



第5図 土地分類調査(垂直調査)を活用した表層地盤震動特性の公開事例(予定)

【引用文献・引用先URL】

- 1) 国土交通省 土地・水資源局 国土調査課 Web サイト
http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/landclassification/land/guide/F1toF4_exp.html#tbv
- 2) 中央防災会議 東海地震に関する専門調査会 第10回会議資料 2-2
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/tokai/10/index.html>
- 3) 大熊裕輝・松岡昌志・山崎文雄・原田隆典：宮崎県における常時微動 H/V スペクトル比を用いた地震動の推定，土木学会論文集，No.696/1-58，pp.261-272，2002.1